

Perbandingan Struktur Pc-I Girder Dan Pc-T Girder Dengan Bentang 30,8 Meter Comparison of Pc-I Girder and Pc-T Girder Structures with a Span of 30.8 Metres

Wira Setiawan¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Bima
email: wirasetiawan@umbima.ac.id

Abstract

The Bridges themselves are classified based on the type of upper structure, one type of bridge upper structure is using prestressed concrete, prestressed concrete is also distinguished based on its cross-sectional profile, namely PC-T, PC-I, T Girder, Box Girder, in this study a comparison was made to see the difference in the upper structure and cost of the bridge with a span of 30.8 meters on the Kandai bridge with the existing upper structure using PC-I Girder and will be compared with PC-T Girder for obtaining differences in behavior, effectiveness of the structure as well as cost. The research method used is to start by knowing some mass formulations, collecting data then planning the load plan for the bridge then modeling on the SAP2000 software after modeling and getting the force in the next structure analysis to check the Safety factor then a cost analysis was carried out and a comparative recap between PC-I and PC-T Girder in the form of differences in the initial condition prestressed force, voltage loss value, service condition pretension force, final prestressed force and cost presented in the form of a graph. From the results of the calculation analysis, it was concluded that the PC-I Girder is more effective than the PC-T Girder, this is shown by the total volume value of PC-T Girder concrete which is 128,805 m³ and the number of PC-T Girder strands is 355 strands, where the total volume of PC-I Girder concrete is 101,175 m³ and the number of PC-I Girder strands is 235 strands. This is also evidenced by the pc-i girder safety factor value against the moment, which is 1.141 and against the shear which is 3,59 as needed, compared to the PC-T Girder safety factor against the moment, which is 3,97 and against the shear which is 2.177. The nominal moment produced by the PC-I Girder is 12203,56 kNm and the nominal moment produced by the PC-T Girder is 58221,55 kNm. The maximum moment received by the PC-I Girder is 10692.74 kNm and the maximum moment received by the PC-T Girder is 12991.45 kNm, as well as the larger cost of the PC-T Girder at a cost of Rp529,757.151,5 while the PC-I Girder is cheaper at a cost of Rp428.429.486,2

Keywords: Girder, Moment, Transfer, Service, Safety factor, Cost

Abstrak

Jembatan sendiri diklasifikasikan berdasarkan jenis struktur atasnya, satu jenis struktur atas jembatan adalah menggunakan beton prategang, beton prategang juga dibedakan berdasarkan profil penampangnya yaitu PC-T, PC-I, T Girder, Box Girder, pada penelitian ini dilakukan perbandingan untuk melihat perbedaan struktur atas dan biaya jembatan dengan bentang 30,8 meter pada jembatan Kandai dengan struktur atas eksistingnya menggunakan PC-I Girder dan akan dibandingkan dengan PC-T Girder untuk memperoleh perbedaan perilaku, efektivitas struktur serta biaya. Metode penelitian yang digunakan adalah dimulai dengan mengetahui beberapa rumusan masalah, mengumpulkan data kemudian merencanakan beban rencana untuk jembatan lalu memodelkan pada software SAP2000 setelah memodelkan dan mendapatkan gaya dalam selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk memeriksa Safety factor kemudian dilakukan analisis biaya dan melakukan recap perbandingan antara PC-I dan PC-T Girder yang berupa perbedaan gaya prategang kondisi awal, nilai kehilangan tegangan, gaya prategang kondisi layan, gaya prategang akhir dan biaya yang disajikan dalam bentuk grafik. Dari hasil analisis perhitungan didapat kesimpulan bahwa PC-I Girder lebih efektif dibanding PC-T Girder, hal ini ditunjukkan oleh nilai volume total beton PC-T Girder yaitu 128,805 m³

dan jumlah strand PC-T Girder 355 strand, dimana volume total beton PC-I Girder yaitu 101,175 m³ dan jumlah strand PC-I Girder yaitu 235 strand. Hal ini juga dibuktikan dengan nilai safety factor PC-I Girder terhadap momen yaitu 1,141 dan terhadap geser yaitu 3,59 yang sesuai kebutuhan, dibanding dengan safety factor PC-T Girder terhadap moment yaitu 3,97 dan terhadap geser yaitu 2,177. Momen nominal yang dihasilkan PC-I Girder yaitu 12203,56 kNm dan momen nominal yang dihasilkan PC-T Girder yaitu 58221,55 kNm. Momen maksimum yang diterima oleh PC-I Girder yaitu 10692,74 kNm dan momen maksimum yang diterima oleh PC-T Girder yaitu 12991,45 kNm, serta biaya lebih besar PC-T Girder dengan harga biaya Rp529,757.151,5 sedangkan PC-I Girder lebih murah dengan harga biaya Rp428.429.486,2

Kata kunci: Girder, Momen, Transfer, Layan, Safety factor, Biaya

PENDAHULUAN

Jembatan Kandai ini melintang diatas sungai Laju yang menghubungkan antar Kandai II dengan Sinpasai. Jembatan Kandai merupakan jembatan beton bertulang dengan panjang 30,8 m dan lebar jembatan 8 m dibagi menjadi dua lajur dengan masing-masing lebar 2,5 m. Jembatan Kandai memiliki beberapa bagian struktur seperti pilar, gelagar, abutment, dan komponen lainnya. Proyek Jembatan Kandai ini bertujuan untuk untuk memudahkan para petani mengakses ke sawah menjadi mudah dan cepat dari masa bertanam hingga saat panen, jadi dibuatlah Proyek Jembatan Kandai.

Sudah banyak studi yang dilakukan mengenai perencanaan jembatan menggunakan beton prategang. Beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal akibat stressing dan distribusi akibat beban eksternal sehingga dalam kondisi yang seimbang sampai batas tertentu. Ada dua cara yang dapat dilakukan dalam memberikan gaya tarik pada beton yaitu pra tarik (per-tension) dan paska tarik (post-tension).

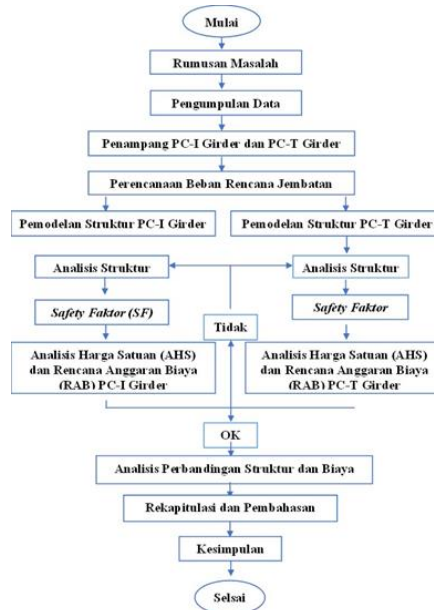
Pemberian gaya prategang pada beton ini dapat mengakibatkan kehilangan gaya prategang. Kehilangan gaya prategang adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon akibat tahapan dalam pembebanan yang secara umum dapat terjadi dalam dua hal yaitu, kehilangan gaya prategang secara langsung dan kehilangan gaya prategang akibat pengaruh waktu (Yamin L, 2020)

Proses pelaksanaan pemberian gaya prategang dan biaya girder ditentukan berdasarkan sistem prategang dan analisis biaya dengan panjang bentang dan kelangsingan. Menurut Jepriani (2020), perbedaan jenis girder dapat dipengaruhi besarnya kehilangan gaya prategang dan biaya karena perbedaan dimensi dan bentuk jenis girder membuat proses pemberian gaya prategang dan biaya akan berbeda-beda. Untuk memperoleh biaya penampang girder yang optimal perlu dilakukan analisis perbandingan mengenai kehilangan gaya prategang dan biaya.

Kondisi jembatan yang berbeda-beda diperlukan analisis struktur dan biaya untuk meproleh desain dan harga yang sesuai pada perencanaan jembatan. Hal ini yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan analisis perbandingan struktur dan biaya pada girder yang berbeda. Harapanya dengan mengetahui perbandingan struktur dan biaya pada PC-I Girder dan PC-T Girder dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan profil dan biaya girder yang sesuai pada jembatan

METODE PENELITIAN

Metode analisis data didapatkan berdasarkan rumusan masalh yang ada di masyarakat dan bagaimana cara mengatasinya.



Gambar 1. Bagan alir Perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Mutu Beton

Kuat tekan beton, f'_c	: 40 MPa
Modulus elastis, E_c	: $4700 \times \sqrt{f'_c}$
	: $4700 \times \sqrt{40}$
	: 29725,41 MPa
Poisson Ratio	: 0,3
Modulus Geser, G	: $E_c / [2 \times (1 + \nu)]$
	: $29725,41 / [2 \times (1 + 0,3)]$
	: 14429,81 MPa
Koefisien muai panjang untuk beton, ϵ	: 0,0001 / °C

b. Mutu Baja

Baja Tulangan dengan $D > 12$ mm, U-32	
Tegangan Leleh Baja, f_y	: $U \times 10$
	: 32×10
	: 320 MPa
Baja Tulangan dengan $D < 12$ mm, U = 24	
Tegangan Leleh Baja, f_y	: $U \times 10$
	: 24×10
	: 240 MPa.

Pembebanan Jembatan

1. Beban Mati

a. Beban mati sendiri

- 1) Beban mati pelat lantai ditengah gelagar (QMS) = 9,25 Kn/m

2) Beban Mati pelat lantai ditepi Gelagar(QMS) = 5,8 Kn/m

b. Beban Trotoar

Berikut hitungan beban trotoar yang ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 1. Berat beban trotoar

No	A (m)	Tebal (m)	Bj (kn/m ³)	W (Kn/m)
A	0,3	0,3	24	2,16
B	0,75	0,75	24	5,4
C	0,45	0,45	24	2,16
D	0,48	0,21	24	2,4192
			QMS	12,1392

Jadi total beban tepi gelagar adalah sebagai berikut:

$$QMA \text{ (Total)} = 17,939 \text{ kn/m}$$

c. Beban Mati Tambahan

Tabel 2. Beban mati tambahan

No	Jenis Beban mati tambahan	Tebal (m)	Bj (kn/m ³)	W (Kn/m)
1	Lap.Aspal & Over lay	0,05	22	1,1
2	Air Hujan	0,05	24	0,49
MA Pada Lantai Jembatan				1,69

Beban merata pada gelagar

$$\text{Jarak (s)} = 1,85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} QMA &= s \times MA \\ &= 1,85 \times 2,69 \\ &= 4,9765 \text{ kn/m} \end{aligned}$$

1. Beban Hidup

a. Beban Lajur D (TD)

Beban kendaraan yang merupakan beban lajur terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT), seperti pada gambar dibawah ini.

$$Q \text{ TD} = 16,433 \text{ kN/m}$$

$$P \text{ TD} = 126,91 \text{ kN/m}$$

b. Beban Truk

Beban truk yang digunakan berasal dari 3 jenis roda dan setiap girder menerima beban dari 1 roda tersebut, ketiga beban dari truk anatara lain sebagai berikut:

$$\text{Beban truk (PD)} = 35 \text{ kN}$$

$$\text{Beban truk (PT)} = 157,5 \text{ kN}$$

$$\text{Beban truk (PB)} = 157,5 \text{ kN}$$

c. Gaya Rem

$$W \text{ TB} = 0,9487 \text{ kN/m}$$

d. Beban Pejalan Kaki

$$\text{Beban pada trotoar (Qp)} = 4,3136 \text{ kN/m}^2$$

e. Beban Angin

Hasil yang didapat kurang dari ketentuan SNI 1725-2016 yaitu 4,4 kN/m maka dibuat menjadi 4,4 kN/m.

f. Beban Gempa

Menentukan koefisien respon gempa elastic atau periode mode getar fundamental :
Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , koefisien gempa elastic (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respon gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = \frac{SD1}{T}$$

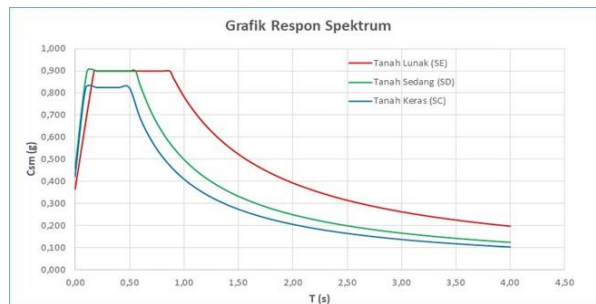
$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

$$= \frac{0,785}{0,9}$$

$$= 0,8725$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s$$

$$= 0,1745$$



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum

g. Kombinasi Beban

Dalam menganalisa kemampuan struktur agar mampu bertahan dalam setiap kondisi atau keadaan pembebanan, maka perlu dilakukan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan perencanaan dan standar kombinasi pembebanan pada jembatan, Beban kombinasi antaranya: Beban Mati (MS), Lajur (TD), Beban Gaya rem (TB), Beban Truk (TT), Beban Pejalan kaki (TP), Beban Angin (EWS), Beban Gempa (EQ)

3.1 Section Properties PC-I Girder

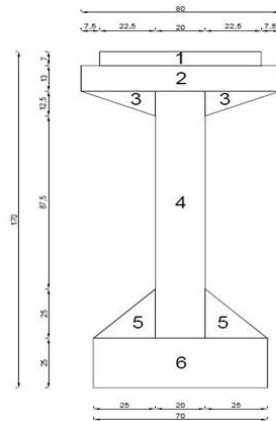
Gaya prategang awal dapat ditentukan berdasarkan data-data dari profil penampang PC-I Girder sendiri, data-data dari PC-I Girder dapat dilihat sebagai berikut.

Berat Jenis PC-I Girder W_c : 25 kN/m³

Kuat tekan beton F'_c : 40 MPa

Panjang Bentang L : 30,8 m

Detail dari potongan PC-I Girder jembatan Kandai dapat dilihat pada gambar yang ditampilkan sebagai berikut.



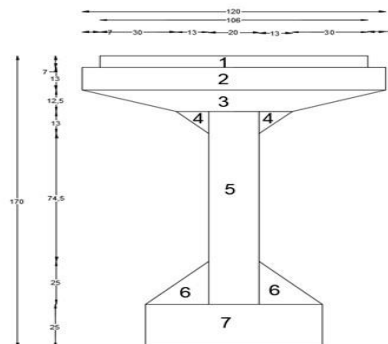
Gambar 3. Frame PCI Girder

3.2 Section Properties PC-T Girder

Gaya prategang awal dapat ditentukan berdasarkan data-data dari profil penampang PC-I Girder sendiri, data-data dari PC-I Girder dapat dilihat sebagai berikut.

Berat Jenis PC-I Girder W_c	: 25 kN/m ³
Kuat tekan beton F'_c	: 40 MPa
Panjang Bentang L	: 30,8 m

Detail dari potongan PC-T Girder jembatan Kandai dapat dilihat pada gambar yang ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 3. Frame PCT Girder

3.3 Perbandingan Struktur PCI Girder dan PC-T Girder

Perbandingan hasil analisis dari kedua girder meliputi,

1. Momen Nominal dan *Safety Factor*

Momen nominal dan *safety factor* antara PC-I Girder dan PC-T Girder diantaranya sebagai berikut:

a. PC-I Girder

Momen Max	: 10692,74	kNm
Momen Nominal	: 12203,56	kNm
<i>Safety factor</i>	: 1,141	

b. PC-T Girder

Momen Max	: 12991,45	kNm
Momen Nominal	: 58221,55	kNm

Safety factor : 2,178

2. Geser Nominal dan *Safety Factor*

Perbandingan nilai geser nominal dan *safety factor* antara PC-I Girder dan PC-T Girder diantaranya sebagai berikut.

a PC-I Girder

Geser Max : 1247,47 kN
Geser Nominal : 4480,936 kN
Safety factor : 1,141

b PC-T Girder

Geser Max : 26736,49 kN
Geser Nominal : 58221,55 kN
Safety factor : 2,17

3. Tegangan Kondisi *Transfer* / Awal

a. PC-I Girder

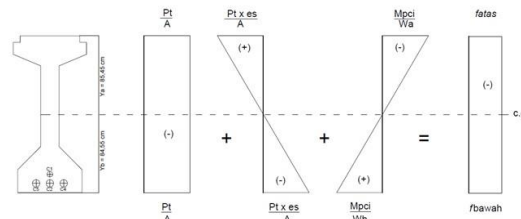
Tegangan di serat atas (Tekan) : -4,595 MPa

Tegangan di serat bawah (Tarik) : -4,595 MPa

Syarat aman saat transfer;

Tekan : $\leq 0,6 \times f_{ci} = 19,20 \text{ MPa}$

Tarik : $\leq 0,5 \times \sqrt{f_{ci}} = 2,83 \text{ MPa}$



Gambar 4. Tegangan PCI Girder

b. PC-T Girder

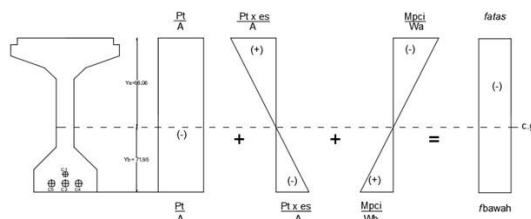
Tegangan di serat atas (Tekan) : -8,137 MPa

Tegangan di serat bawah (Tarik): -19,200 MPa

Syarat aman saat transfer;

Tekan : $\leq 0,6 \times f_{ci} = 19,20 \text{ MPa}$

Tarik : $\leq 0,5 \times \sqrt{f_{ci}} = 2,83 \text{ MPa}$



Gambar 4. Tegangan PCT Girder

4. Kehilangan Tegangan

Perbandingan kehilangan tegangan antara PC-I Girder dan PC-T Girder diantaranya sebagai berikut.

a PC-I Girder

Tabel 3. Rekap Kehilangan Tegangan PC-I Girder

Jenis Kehilangan	Nilai (MPa)	Perse Kehilangan(%)
Perpendekan Elastis (Δf_{pES})	65,25	0,015
Gesekan Tendon (Δf_{pF})	537,06	1,27
Slip pada Angkur (Δf_{pA})	15,666	0,005
Rangkak Beton (Δf_{pCR})	56	0,05
Susut Beton (Δf_{pSH})	63,69	0,024
Relaksasi Baja (Δf_{pR})	159,943	0,056
Total Kehilangan (LOP_{total})	897,30	21,1

b PC-T Girder

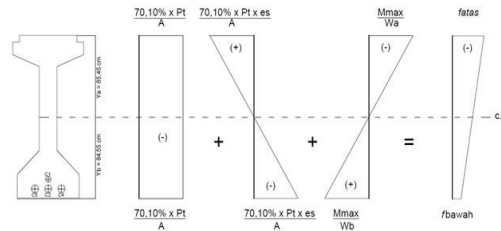
Tabel 4. Rekap Kehilangan Tegangan PC-T Girder

Jenis Kehilangan	Nilai (MPa)	Persentase Kehilangan (%)
Perpendekan Elastis (Δf_{pES})	36,39	0,0097
Gesekan Tendon (Δf_{pF})	473,60	0,147
Slip pada Angkur (Δf_{pA})	15,67	0,001
Rangkak Beton (Δf_{pCR})	55,69	0,0107
Susut Beton (Δf_{pSH})	63,69	0,0054
Relaksasi Baja (Δf_{pR})	164,30	0,012
Total Kehilangan (LOP_{total})	818,15	21,81

5. Tegangan Kondisi Service / Layan

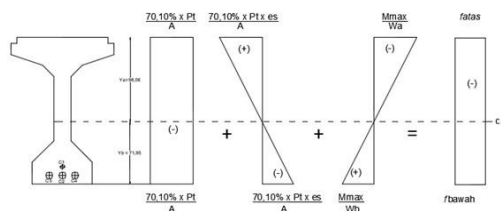
Perbandingan tegangan kondisi service / layan antara PC-I Girder dan PC-T Girder

a PC-I Girder



Gambar 5. Tegangan Kondisi Servis PCI Girder

b PC-T Girder



Gambar 6. Tegangan Kondisi Servis PCT Girder

6. Defleksi PC-I Girder Dengan PC-T Girder

a. Cek Lendutan Terhadap Beban PC-I Girder

$$\begin{aligned}\text{Def Izin} &= 0,103 \text{ m} \\ &= 10,267 \text{ cm}\end{aligned}$$

b. Cek Lendutan Terhadap Beban PC-T Girder

$$\begin{aligned}\text{Def Izin} &= 0,10 \text{ m} \\ &= 10,27 \text{ cm}\end{aligned}$$

3.4 Perbandingan Biaya PC-I Girder dan PC-T Girder

1. Perhitungan Koefesien alat Berat

a. Mobile Crane

Berikut ini spesifikasi teknis alat berat dan perhitungannya:

Mobile Crane dengan kapasitas (75-100) T, HZQH 400, 190 HP,

-Kapasitas Angkat Mobile Crane, v = 1 buah Girder

-Faktor Efisiensi Alat, Fa = 0,83 (ambil dengan angka yang besar)

-Waktu Siklus:

3.5 Perencanaan Anggaran Biaya (RAB0 PC-I Girder dan PC-T Girder

1. Volume Pekerjaan PCI Girder

Ada beberapa tahapan untuk mengjitung volume dari PCI Girder diantaranya:

Jumlah Girder = 5 buah

Panjang Girder = 30,8 m

Luas Alas PC-I Girder = 20,235 m²

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu Beton PCI Girder} &= 40 \text{ Mpa} \\
 \text{Jumlah Tendon} &= 4 \text{ Tendon} \\
 \text{Jumlah Kabel Strand} &= 47 \text{ Strand} \\
 \text{Volume Pci Girder} &= P \times A \\
 &= 30,8 \times 20,235 \\
 &= 41,888 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. Total PCI Girder} &= \text{Volume PCI Girder} \times \text{Jumlah Girder} \\
 &= 20,235 \text{ m}^3 \times 5 \\
 &= 101,175 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Tabel Harga bahan/ material dan alat

No	Bahan/alat	Satuan	Harga satuan
1	Beton f'c 40 Mpa	m3	Rp1.597.249,27
2	Kabel Strand	bh	Rp19.182,87
3	Tendon	bh	Rp643.000,00
4	Alat Stressing	bh	1.670.500,00

Sumber : Permen PUPR No.1 2022

2. Volume Pekerjaan PCT Girder

Tabel 6. Tabel Harga bahan/ material dan alat

No	Bahan/alat	Satuan	Harga satuan
1	Beton f'c 40 Mpa	m3	Rp1.597.249,27
2	Kabel Strand	bh	Rp19.182,87
3	Tendon	bh	Rp643.000,00
4	Alat Stressing	bh	1.670.500,00

Sumber : Permen PUPR No.1 2022

3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

a. Pekerjaan Grouting dan erection PC-I Girder

Dalam Proyek Pembangunan Jembatan Kandai digunakan 5 buah PCI-girder dengan tinggi 1,7 m, lebar 0,8 m dengan jarak antar girder sebesar 1,85 m. Girder diterima dalam keadaan sudah dilakukan stressing, maka dalam perhitungan biaya PCI-girder sub pekerjaan yang diperhitungkan adalah pekerjaan grouting dan erection girder.

b. pekerjaan Grouting dan erection PC-T Girder

Dari perhitungan dan pemodelan struktur pada sub bab 3.6 didapat dimensi PC-T Girder yang direncanakan memiliki tinggi 1,7 m dan lebar atas 1,2 m, jumlah girder sebanyak 5 buah dan jarak antara 1,85 m. Perhitungan biaya dilakukan untuk 2 sub pekerjaan yakni pekerjaan Grouting dan pekerjaan Erection girder. Dilakukan proses perhitungan koefisien dan penyusunan AHS tiap pekerjaan yang disusun dengan satuan satu buah girde.

Girder

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari tujuan perencanaan perbandingan desain dan biaya pada PC-I Girder dan PC-Tgirder pada bentang 30,8 m, dengan studi kasus jembatan Kandai diantaranya adalah sebagai berikut.

a Perbandingan nilai *safety factor* dari PC-I Girder dan PC-TGirder dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Nilai *safety factor* terbesar dari momen dihasilkan oleh PC-TGirder dengan nilai *safety factor* 3,97 dan PC-I Girder hanya menghasilkan nilai *safety factor* 1,141.
 2. Nilai *safety factor* dari geser terbesar dihasilkan oleh PC-I Girder dengan nilai *safety factor* 3,59 dan PC-T Girder hanya menghasilkan nilai 2,177.
- b Perbandingan Defleksi antara PC-I Girder dan PC-TGirder dijelaskan sebagai berikut.
- 1 Defleksi pada PC-I girder adalah 3,75 cm dengan defleksi izin sebesar 10,267 cm.
 - 2 Defleksi pada PC-T girder adalah 1,213 cm dengan defleksi izin sebesar 10,27 cm.
- c Perbandingan jumlah kebutuhan tendon baja prategang antara PC-I Girder dan PC-TGirder dijelaskan sebagai berikut.
- 1 Kebutuhan total tendon pada penggunaan PC-I Girder adalah berjumlah 20 tendon dengan jumlah strand 235 strand.
 - 2 Kebutuhan total tendon pada penggunaan PC-T Girder adalah berjumlah 20 tendon dengan jumlah strand 355 strand.
- d Perbandingan biaya antara PC-I Girder dan PC-T Girder di jelaskan sebagai berikut
- a. Kebutuhan total biaya pada PC-I Girder adalah sejumlah **Rp428.429.486,2**
 - b. Kebutuhan total biaya pada PC-T Girder adalah sejumlah **Rp529.757.151,5**

DAFTAR PUSTAKA

- Anita Puji Astuti, Budiono, Titik Penta Artiningsih. (2020). *Analisis Perbandingan PCI Girder terhadap PCU Girder Existing pada Pada Proyek Pembangunan Flyover Martadinata Bogor*. Universitas Pakuan. Bogor.
- Armin, H. Manalip, Banu Dwi Handono. (2018) *Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan Variasi Bentang*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.2. Universitas Sam Ratulangi Manado. Manado.
- Badan Standarisasi Nasional, (2016), *Pembebanan Untuk Jembatan (SNI-1725-2016)*, Badan Standarisai Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2004), *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan (RSNI-T-12-2004)*, Badan Standarisai Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019), *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847-2019)*, Badan Standarisai Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2016), *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (RSNI-T-12-2004)*, Badan Standarisai Nasional. Jakarta.
- Bastya Pratama Putra, Yunalia Muntafi, Suharyatmo. (2017). *Studi perbandingan penggunaan PCU Girder dan PCI Girder pada struktur Atas Jembatan Jurang Gempal, Wonogiri*. Jurnal Teknisia, Volume XXII, No.1. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bagian III, (2022) Analisis Harga Satuan Pkerjaan (AHSP). Bidang Bina Marga.
- CV. Prias Consultant, 2020, *Detail Engineering Desain (DED) Jembatan Kandai Kabupaten Dompur*. Nusa Tenggara Barat (NTB).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2011). *Manual Konstruksi dan Bangunan Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Kurnia, D. (2022). *Rekayasa Bracing Tipe V dan Tipe A Pada Gedung Kampus*. PADURAKSA. Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 11(1),103-111.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)
- Nuryanto. (2018). *Buku Ajar Perancangan Beton Prategang*. Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan Universitas Gunadarma. Jakarta.

